

PENGARUH PANJANG DAERAH PEMASANGAN *SHEAR CONNECTOR* PADA BALOK KOMPOSIT TERHADAP KUAT LENTUR

Muhammad Fakhrrur Rozi

Mahasiswa Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ozy_dot_com@yahoo.co.id

Suprpto, S.Pd., M.T.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
suprap_sipil@yahoo.com

Abstrak

Struktur beton bertulang sebagai struktur utama bangunan telah dikembangkan melalui berbagai penelitian, diantaranya adalah konstruksi komposit yang merupakan gabungan antara dua material atau lebih menjadi satu kesatuan dalam memikul beban pada struktur. Salah satu konstruksi komposit adalah balok dengan tulangan baja *lips channel* yang dapat digunakan sebagai tulangan eksternal, tetapi hal itu tidak dapat terjadi dengan baik, karena menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Dwi dan Firman 2012 balok beton bertulang eksternal baja *lips channel* masih mengalami *slip*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan beton tulangan eksternal yang baik dan anti *slip* maka diperlukan pemasangan *shear connector* pada tulangan eksternal baja *lips channel*.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji balok komposit dengan tulangan baja *lips channel* dan panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok komposit merupakan variable bebas dalam penelitian ini, jarak pemasangan *shear connector* adalah 130 mm, 210 mm, dan 290 mm. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode eksperimen terhadap balok beton bertulang eksternal baja *lips channel*, pengujian dilakukan di laboratorium beton dan bahan teknik sipil UNESA.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium beton dan bahan teknik sipil UNESA menunjukkan bahwa pemasangan *shear connector* pada balok komposit *lips channel* dapat merubah keruntuhan geser menjadi keruntuhan lentur, hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya kekuatan geser (V_n), meningkatnya nilai momen lentur maksimal (M_{max}), meningkatnya nilai momen retak awal aktual ($M_{cr\text{aktual}}$), meningkatkan nilai lendutan (Δ), dan pola retak yang menunjukkan keruntuhan lentur, sehingga balok dapat mengalami keruntuhan lentur maksimal, namun kekuatan atau pengaruh pemasangan *shear connector* belum dapat terlihat secara maksimal, dikarenakan lebih dominanya kekuatan atau pengaruh tulangan sengkang.

Kata Kunci: balok komposit, *shear connector*, *lips channel*, kuat lentur.

Abstract

Reinforced concrete structure as the main structure of the building has been developed through a variety of research, including the construction of a composite is a combination of two or more materials into a single entity in the burden on the structure. One is a composite construction with steel reinforcement beams *lips channel* that can be used as external reinforcement, but it cannot happen properly, because according to research conducted by Dwi and Firman 2012 the concrete external beam *lips channel* of steel still slips. This study aims to get a good external concrete reinforcement and it would require the installation of unslip shear connector on the external reinforcement of steel *lips channel*.

The research was done by creating a composite beam specimen with steel reinforcement *lips* and long channel shear connector mounting area on the composite beam is the independent variable in this intensive search, the installation of shear connector spacing is 130 mm, 210 mm, and 290 mm. The method used in this study is the use of the experimental method of reinforced concrete beams externally *lip channel* steel, that testing performed in concrete and material laboratories civil engineering UNESA.

The results of research conducted in the laboratory of concrete and civil engineering materials UNESA showed that the installation of shear connector on *lips channel* composite beams have been able to change the shear collapse into flexural collapse, This is evidenced by the increased shear strength (V_n), increasing the value of the maximum flexural moment (M_{max}), increasing the actual moment of crack initiation values ($M_{cr\text{ actual}}$), increasing the value of deflection (Δ), and the crack pattern that shows the flexural collapse, so that the beam can experience maximum flexural collapse, but the force or effect of shear connector installation cannot be seen to the fullest, because of more dominated strength or the influence of stirrup reinforcement.

Keywords: composite beam, shear connector, *lips channel*, flexural strength.

PENDAHULUAN

Beton adalah elemen struktural bangunan yang telah dikenal dan banyak dimanfaatkan sampai sekarang ini. Beton juga telah banyak mengalami perkembangan-perkembangan, baik dalam teknologi pembuatan campurannya ataupun teknologi pelaksanaan konstruksinya (Basuki, 2006:72).

Struktur beton bertulang sebagai struktur utama bangunan telah dikembangkan melalui berbagai penelitian, dengan tujuan untuk mempertahankan kehidupan manusia dan kesejahteraannya (Besari dalam Andang dan Nuroji, 2013:1). Perkembangan yang telah populer adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan baja tulangan yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi, dan dikenal sebagai beton bertulang (Oscar, 2009:29).

Konstruksi komposit merupakan gabungan antara dua material atau lebih menjadi satu kesatuan dalam memikul beban pada struktur. Umumnya pemilihan material komposit didasarkan pada sifat-sifat utama dari bahan struktur tersebut, baja dan beton merupakan salah satu konstruksi komposit yang ideal. Penggabungan tulangan baja dan beton dapat dilakukan baik secara baja tulangan internal maupun baja tulangan eksternal.

Beton tulangan eksternal memiliki kelebihan dibanding beton bertulang internal. Salah satu jenis tulangan baja yang dapat digunakan sebagai tulangan eksternal adalah baja *lips channel*, regangan baja *lips channel* sebagai pelindung beton lebih tinggi daripada regangan beton, sehingga retak awal dapat tertunda. Tetapi hal itu tidak dapat terjadi dengan baik, karena menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Dwi dan Firman 2012 balok beton bertulangan eksternal baja *lips channel* masih mengalami *slip* saat momen mencapai 5,1603 kNM.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Widjaja dan Nuroji (2009), yang menyatakan bahwa hasil *slip* antara baja *lips channel* dan beton terjadi pada saat beban lebih besar dari 15 kN. Selanjutnya uji beban lentur pada balok beton dengan perkuatan baja *lips channel* di sisi bawah, menunjukkan bahwa beban *P_{terbesar}* adalah 18,7 kN. Menurut Widjaja dan Nuroji (2009) bahwa kekuatan dukung balok komposit baja *lips channel* dan beton ditentukan oleh lekatan permukaan kedua material, semakin kuat lekatan yang terjadi semakin tinggi daya dukung balok dengan perkuatan *lips channel* di sisi bawah.

Pemasangan *shear connector* sebagai antisipasi *slip* perlu dilakukan sehingga dapat mengetahui bagaimanakah pengaruh panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok beton bertulang eksternal baja *lips channel*.

Beton komposit adalah beton gabungan dari material yang berbeda jenis, dimana terdapat kerjasama antara kedua bahan tersebut dalam memikul beban. Umumnya merupakan gabungan antara material beton dan material baja yang secara teknis direncanakan untuk menerima beban-beban yang sangat besar seperti pada bangunan jembatan.

Bila dibandingkan dengan beton non komposit, beton komposit memberikan beberapa keuntungan, antara lain :

1. Profil baja dapat dihemat mencapai 20 – 30 % dibandingkan dengan beton non komposit.
2. Penampang atau tinggi profil baja lebih rendah, sehingga dapat mengurangi atau menghemat tinggi lantai pada bangunan gedung dan tinggi ruang bebas pada bangunan jembatan.
3. Kekakuan lantai pelat beton bertulang semakin tinggi karena pengaruh komposit (menyatu dengan gelagar baja), sehingga pelendutan pelat lantai (komposit) semakin kecil.
4. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar, artinya dengan sistem komposit baja dan beton, untuk penampang yang sama, mempunyai momen pikul yang lebih besar.
5. Kapasitas daya pikul beban bertambah dibandingkan dengan pelat beton yang bebas di atas gelagar baja.

Shear connector digunakan untuk menahan *slip* yang terjadi pada bidang pertemuan beton dengan balok baja dengan panjang dalam kondisi terpasang tidak kurang dari 4 kali diameternya (SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.1). Sedangkan kekuatan dari sebuah *shear connector* dapat ditentukan dari tabel harga *ultimate capacity* (biasanya dari pabrikan). Jika data tersebut tidak tersedia, maka kekuatan *shear connector* dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = 20 \cdot t \cdot L \cdot \sqrt{\sigma_c} \quad (1)$$

dimana :

Q = kekuatan *shear connector* (kg)

t = tebal baja (cm)

L = panjang baja (cm)

σ_c = tegangan tekan beton yang diijinkan (kg/cm²)

$$\text{Syarat ukuran stud SNI} = \frac{H_s}{d_s} \geq 4 \quad (2)$$

Syarat pemasangan *stud* dalam *American Institute of Steel Construction*: memanjang $6 \cdot d_s \leq s \leq 36 \text{ in}$ (3)

Keterangan:

H_s = Tinggi *stud* (mm)

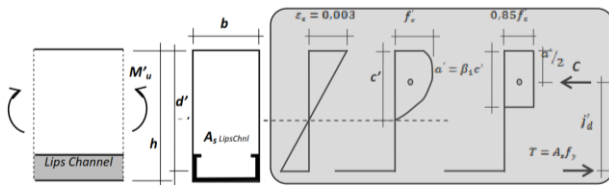
d_s = Diameter *stud* (mm)

s = Jarak *stud* (mm)

Baja *lips channel* yang berfungsi juga sebagai pengeang pada selimut beton dapat mengurangi

terjadinya *spalling* pada selimut beton saat regangan beton mencapai regangan hancurnya (McCormac Jack C., 2004).

Nilai gaya tarik (T) dan nilai lekatan permukaan baja tulangan eksternal (*lips channel*) di sisi bawah lebih besar daripada baja tulangan batang dengan luas tampang bulat, karena luasan relatif lebih besar, jarak baja tulangan dengan garis netral balok beton bertulangan eksternal lebih besar daripada balok beton bertulangan baja. Dengan demikian momen kopel yang dihasilkan oleh perkalian gaya dan jarak pada balok beton bertulangan eksternal lebih besar daripada balok beton bertulangan biasa (Gambar 1)(Dwi dan Firman, 2012:9).



Gambar 1. Usulan diagram tegangan balok beton dengan *lips channel* (Dwi dan Firman, 2012)

Lendutan dan pola retak merupakan suatu faktor penentu *serviceability* (kemampuan layan) suatu struktur. Evaluasi lendutan dan perilaku retak pada balok merupakan latar belakang yang mendasar dalam hal pengaruh retak terhadap batang dan refleksi sesaat serta jangka panjang.

Menurut Nawy, (1985:269), lendutan batang-batang struktural merupakan fungsi dari panjang bentang, perletakan, atau kondisi-kondisi ujungnya (seperti tumpuan sederhana atau ada tahanan karena kesinambungan batang), jenis pembebanan (beban terpusat ataukah beban terdistribusi), dan kekakuan lentur EI dari elemen.

Dari persamaan umum lendutan maksimum Δ_{maks} pada balok elastis, dapat diperoleh lendutan pada tengah bentang Δ_{maks} , yaitu :

$$\Delta_{max} = \frac{P \cdot \ell^3}{48 \cdot E_c \cdot I_e} \quad (4)$$

Dimana:

ℓ = Panjang bentang bersih

E_c = Modulus elastis beton

I_e = Momen inersia efektif

P = Beban titik

Untuk momen inersia efektif (I_e) didapat dengan persamaan:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \cdot I_{cr} \quad (5)$$

Dengan nilai :

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad (6)$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot y_t^3 \quad (7)$$

$$y = \frac{n \cdot A_s}{b} \cdot \left[\sqrt{\left(1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s} \right)} - 1 \right] \quad (8)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (9)$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} \quad (10)$$

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (11)$$

$$y_t = \frac{1}{2} \cdot h \quad (12)$$

Dimana :

I_g = Momen inersia penampang utuh terhadap sumbu berat penampang, seluruh batang tulangan diabaikan

I_{cr} = Momen inersia penampang retak transformasi

y = Letak garis netral

n = Rasio modulus

M_a = Momen maksimum pada komponen struktur saat lendutan dihitung

M_{cr} = Momen pada saat timbul retak yang pertama

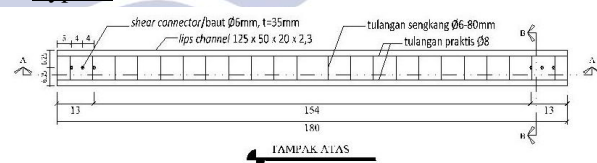
f_r = Modulus retak beton

y_t = Jarak dari garis netral penampang utuh (mengabaikan tulangan baja) ke serat tepi tertarik

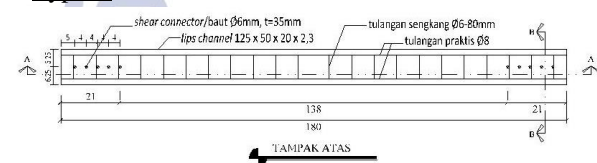
METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen pada penelitian ini dilakukan terhadap balok beton dengan variabel bebas yaitu panjang daerah pemasangan *shear connector* pada baja *lips channel* yang berbeda yaitu dengan panjang 13 cm, 21 cm, dan 29 cm, dan variabel kontrol yaitu balok komposit *lips channel* tanpa pemasangan *shear connector*.

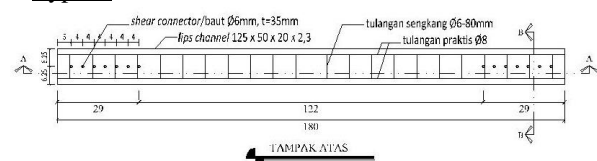
1. Type A



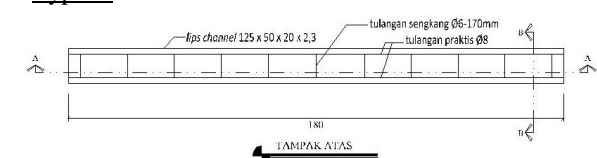
2. Type B



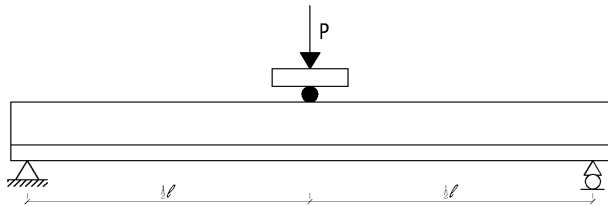
3. Type C



4. Type D



Pengujian dilakukan dengan cara balok beton bertulang ditumpu dengan perletakan sederhana (sendi-rol) yang diuji dengan memberikan beban statik. Pembebanan dilakukan disatu titik atau beban terpusat dan terletak tepat ditengah balok. Pada daerah uji dipelajari perilaku balok beton bertulang saat menerima beban.



Gambar 2. Set-up pengujian benda uji

Proses pengujian dilakukan dengan menginputkan dimensi benda uji yaitu tinggi, lebar dan panjang dari balok beton pada *software*, kemudian menyetting kontroler guna mengontrol *hidraulic jack* pada saat pengujian. Data output hasil pengujian dideteksi pada *software* yang berupa nilai dan grafik yaitu:

- 1) P (beban)
- 2) Δ (lendutan)
- 3) Grafik hubungan waktu-beban
- 4) Grafik hubungan tegangan-regangan
- 5) Grafik hubungan beban-lendutan
- 6) Grafik hubungan lendutan-tegangan

Disamping itu nilai hasil pengujian juga dibaca pada *dial gauge* yang meliputi data lendutan dan pertambahan panjang. Data tersebut digunakan sebagai pembandingan dengan data yang didapat pada *software*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mutu Baja

Baja tulangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja *lips channel* sebagai baja komposit, baja $\varnothing 6$ mm sebagai tulangan sengkang dan baja $\varnothing 8$ mm sebagai tulangan tekan. Dari hasil pengujian tarik, diperoleh data seperti pada tabel 1 sampai dengan tabel 3.

Tabel 1. Hasil kuat tarik benda uji baja *lips channel*

Sampel	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Leleh (N)	Tegangan Leleh (N/mm ²)
I	2,3	20,333	46,767	13700	292,9
II	2,3	21,333	49,067	14100	287,4
III	2,3	21,333	49,067	14200	289,4
Rata-rata				14000	289,9

Tabel 2. Hasil kuat tarik benda uji baja tulangan $\varnothing 6$ mm

Sampel	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Leleh (N)	Tegangan Leleh (N/mm ²)
I	5,30	22,05	8900	403,62
II	5,33	22,32	8900	398,59
Rata-rata			8900	401,10

Tabel 3. Hasil kuat tarik benda uji baja tulangan $\varnothing 8$ mm

Sampel	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Leleh (N)	Tegangan Leleh (N/mm ²)
I	7,77	47,35	23500	496,28
II	7,80	47,76	23200	485,77
Rata-rata			23350	491,03

Dari hasil pengujian kuat tarik mutu baja yang telah dilakukan, didapat data untuk baja *lips channel* memiliki tegangan leleh rata-rata sebesar 289,9 N/mm², tulangan polos $\varnothing 6$ mm sebesar 401,10 N/mm², dan untuk tulangan polos $\varnothing 8$ mm sebesar 491,03 N/mm².

B. Mutu Beton

Dari pengujian kuat tekan silinder beton 15x30 cm pada umur 28 hari didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Kuat tekan beton (f_c')

No. Benda Uji	Luas Penampang (mm ²)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)
1	17663	378400	21,41
2	17663	328500	18,59
3	17663	420100	23,77
4	17663	396200	22,43
5	17664	339400	19,21
Rata - rata			21,04

Dari Tabel 4 dapat diketahui hasil dari pengujian mutu beton (f_c') uji silinder dengan nilai rata-rata mutu beton aktual $f_c' = 21,04$ MPa, yang sebelumnya direncanakan menggunakan mutu beton rencana $f_c' = 20$ MPa. Mutu beton aktual $f_c' = 21,04$ MPa dapat digunakan

C. Analisis Kekuatan Teoritik

Analisis kekuatan teoritik dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara kekuatan benda uji secara teoritik dengan hasil pengujian yang dilakukan dilaboratorium. Analisis dilakukan untuk mencari nilai dari momen nominal (M_n), momen retak awal (M_{cr}), kuat geser beton (V_c), kuat geser besi (V_s), kuat geser nominal (V_n), dan kuat geser ultimate (V_u). Dari hasil analisis yang dilakukan, maka didapatkan kekuatan teoritik seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. Kekuatan teoritik benda uji

Model Benda Uji	Kuat Lentur		Kuat Geser			
	M_n (kNm)	M_{cr} (kNm)	V_c (kN)	V_s (kN)	V_n (kN)	V_u (kN)
B-875	20,65	2,344	16,61	4,27	12,53	28,68
B-170	20,65	2,344	16,61	38,61	23,17	28,68
B-80.SC-130	20,65	2,344	16,61	53,93	42,32	28,68
B-80.SC-210	20,65	2,344	16,61	53,93	42,32	28,68
B-80.SC-290	20,65	2,344	16,61	53,93	42,32	28,68

Keterangan:

M_n :momen nominal balok

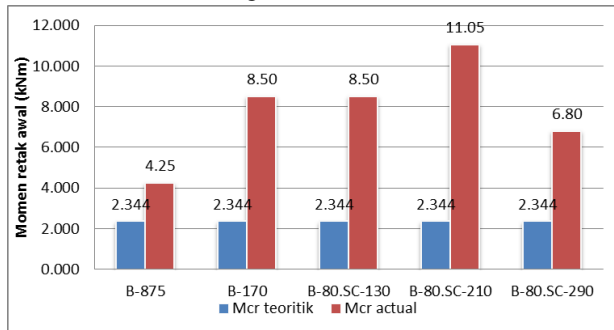
V_c : kuat geser beton

M_{cr} : momen retak awal teoritik V_n : kuat geser nominal
 V_s : kuat geser besi V_u : kuat geser ultimate

Dari tabel 5 dapat dinyatakan bahwa secara kekuatan teoritik balok dapat diamankan dari keruntuhan geser, hal ini dibuktikan dengan nilai V_n lebih besar dari nilai V_u .

D. Momen Retak Awal (M_{cr})

Dari pengujian kuat tekan pada balok beton yang telah dilakukan dapat diketahui perbandingan antara M_{cr} teoritik dan M_{cr} aktual sebagai berikut :

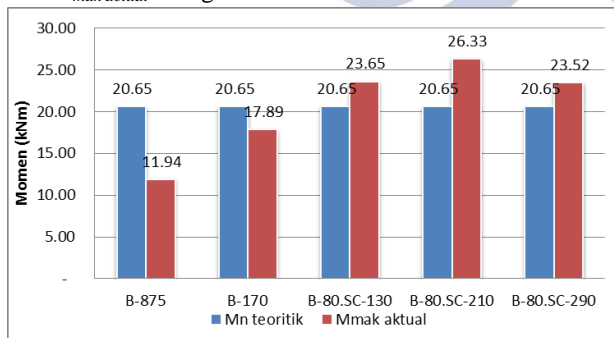


Gambar 3. Perbandingan antara M_{cr} teoritik dan M_{cr} aktual

Berdasarkan gambar 3 dapat dinyatakan bahwa momen retak awal aktual pada masing-masing benda uji mengalami peningkatan yang sangat signifikan dari momen retak awal teoritik, hal ini disebabkan karena serat tarik pertama pada balok komposit terjadi pada baja *lips channel* sehingga membuat balok tidak mudah mengalami keretakan awal.

E. Momen Maksimum (M_{maks})

Dari pengujian kuat tekan pada balok beton yang telah dilakukan dapat diketahui perbandingan antara M_n teoritik dan M_{mak} aktual sebagai berikut:

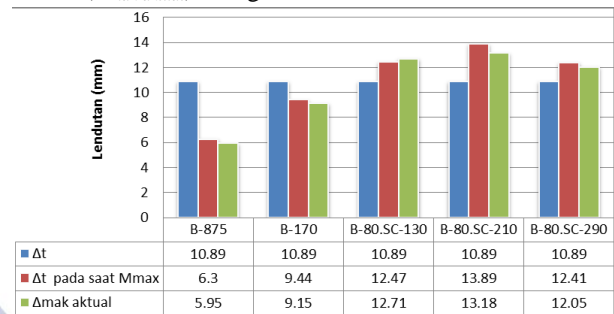


Gambar 4. Perbandingan antara M_n teoritik dan M_{mak} aktual

Dari gambar 4 dapat dinyatakan bahwa balok kontrol mengalami runtuh geser karena terlihat penurunan nilai perbandingan antara M_n teoritik dan M_{max} actual, sedangkan untuk balok B-80.SC-130, B-80.SC-210, dan B-80.SC-290 mengalami runtuh lentur karena terlihat peningkatan nilai perbandingan antara M_n teoritik dan M_{max} actual, hal ini menandakan bahwa balok telah dapat mencapai momen maksimalnya.

F. Lendutan

Dari pengujian kuat tekan pada balok beton yang telah dilakukan dapat diketahui perbandingan antara lendutan teoritik (Δ_t), lendutan (Δ) pada saat M_{max} dan lendutan aktual (Δ_{mak} aktual) sebagai berikut:



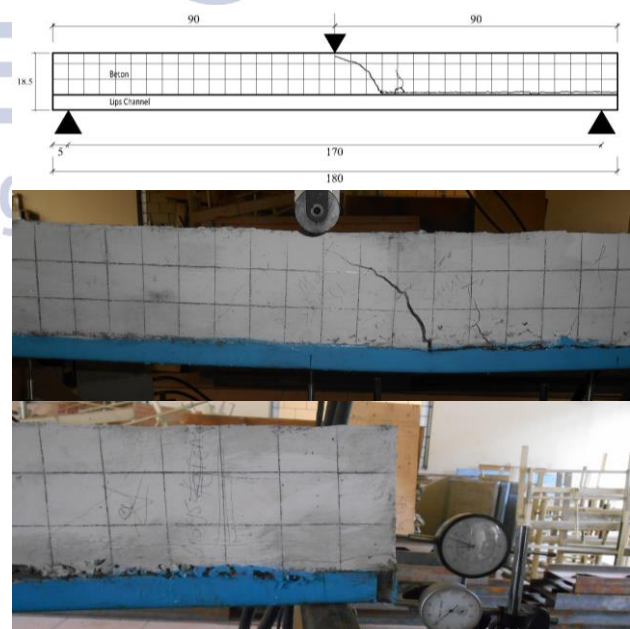
Gambar 5. Perbandingan antara Δ_t , Δ pada saat M_{max} , dan (Δ_{mak} aktual)

Berdasarkan gambar 5 dapat dinyatakan bahwa nilai lendutan balok kontrol terlihat penurunan nilai perbandingan antara lendutan teoritik dan lendutan aktual, hal ini dikarenakan pada balok kontrol mengalami runtuh geser, sehingga nilai M_{max} actual relatif kecil, sedangkan untuk balok B-80.SC-130, B-80.SC-210, dan B-80.SC-290 terlihat peningkatan nilai perbandingan antara lendutan teoritik dan lendutan aktual, hal ini dikarenakan balok mengalami runtuh lentur sehingga nilai M_{max} actual relatif besar.

G. Pola Retak Penampang Balok

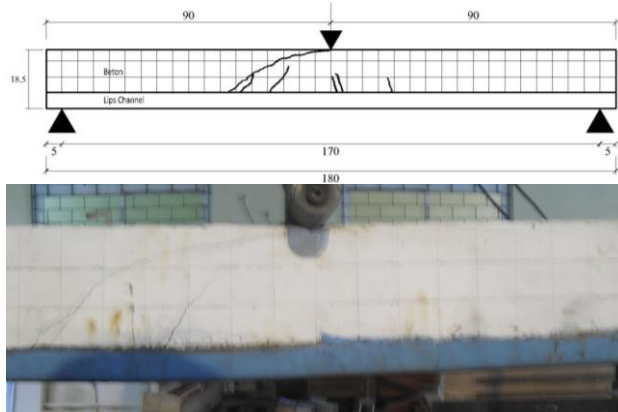
Pada pengujian lentur dengan beban terpusat di tengah bentang terhadap masing-masing benda uji, didapatkan gambaran pola retak penampang masing-masing balok. Berikut ini adalah gambar pola retak yang dihasilkan oleh balok beton :

1. Balok B-875



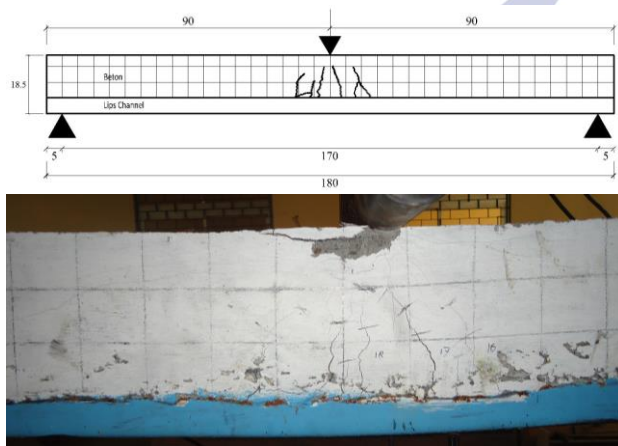
Gambar 6. Pola retak balok B-875

2. Balok B-170



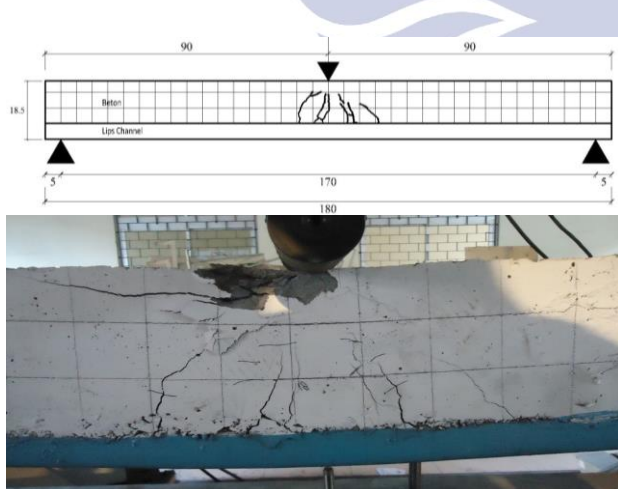
Gambar 7. Pola retak balok B-170

3. Balok B-80.SC-130



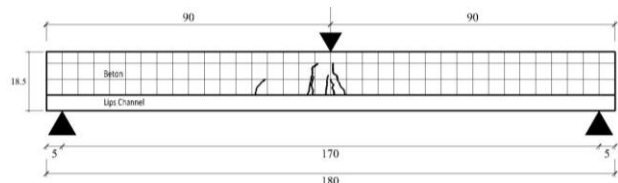
Gambar 8. Pola retak balok B-80.SC-130

4. Balok B-80.SC-210



Gambar 9. Pola retak balok B-80.SC-210

5. Balok B-80.SC-290



Gambar 10. Pola retak balok B-80.SC-290

Berdasarkan gambar 6-10, dapat diketahui bahwa balok mengalami keruntuhan geser dan lentur, pada balok B-875 balok mengalami keruntuhan geser serta terjadi *slip*, pada balok B-170 balok mengalami keruntuhan geser namun tidak terjadi *slip*, karena dimungkinkan keberadaan tulangan sengkang Ø6-170 mm telah dapat mengantisipasi terjadinya *slip*.

Sedangkan pada balok B-80.SC-130, B-80.SC-210, dan B-80.SC-290 balok mengalami keruntuhan lentur karena dimungkinkan keberadaan tulangan sengkang Ø6-80 mm dan pemasangan *shear connector* dengan panjang daerah 130, 210, dan 290 mm telah dapat menahan geser serta mengantisipasi terjadinya *slip*, namun kekuatan atau pengaruh pemasangan *shear connector* belum dapat terlihat secara maksimal, dikarenakan lebih dominanya kekuatan atau pengaruh tulangan sengkang.

PENUTUP

A. Simpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok komposit telah dapat merubah keruntuhan geser menjadi keruntuhan lentur, hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya kekuatan geser sehingga balok dapat mencapai kekuatan lentur maksimal dan akhirnya berdampak pada balok mengalami keruntuhan lentur, namun kekuatan atau pengaruh pemasangan *shear connector* belum dapat terlihat secara maksimal, dikarenakan lebih dominanya kekuatan atau pengaruh tulangan sengkang.
2. Ditinjau dari pola retak yang terjadi pengaruh panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok komposit menunjukkan bahwa balok mengalami keruntuhan lentur, hal ini dibuktikan dengan pola retak yang cenderung tegak atau vertikal.
3. Pengaruh panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok komposit jika ditinjau dari retak awal belum menunjukkan adanya pengaruh, namun nilai momen retak awal aktual ($M_{cr \text{ aktual}}$) pada masing-masing benda uji mengalami peningkatan yang sangat signifikan dari momen retak awal teoritik

($M_{cr \text{ teoritik}}$), hal ini dikarenakan serat tarik pertama pada balok komposit terjadi pada baja *lips channel* sehingga membuat balok tidak mudah mengalami keretakan awal.

4. Di tinjau dari momen maksimal pengaruh panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok komposit menunjukkan bahwa balok telah dapat mencapai momen maksimal, dan dari keseluruhan benda uji memiliki kecenderungan nilai momen maksimal yang sama.
5. Pengaruh panjang daerah pemasangan *shear connector* pada balok komposit jika ditinjau dari lendutan (Δ) mengidentifikasi bahwa balok dengan pemasangan *shear connector* menunjukkan nilai lendutan (Δ) yang lebih besar jika dibandingkan dengan balok tanpa pemasangan *shear connector*.

B. Saran

Untuk kesempurnaan dalam penelitian selanjutnya, dengan ini peneliti mengharapkan:

1. Pada perhitungan dimensi balok diharapkan ketelitian dalam perhitungannya sehingga bisa didapatkan balok dengan kondisi yang diinginkan.
2. Untuk dapat mengetahui pengaruh dari pemasangan *shear connector* maka perlu dilakukan pengujian kaut geser *shear connector* serta lebih teliti dalam penentuan diameter dan letak *shear connector*.
3. Pada pengujian balok beton bertulang diharapkan ketelitian dalam pembacaan *dial gauge*.
4. Untuk set-up benda uji balok beton bertulang perlu dipikirkan serta diperhitungkan dengan matang, agar tidak terjadi kesalahan saat pengujian.
5. Perlu ada penelitian lanjutan atau pengembangan dengan menggunakan variasi pemasangan atau dimensi *shear connector* pada balok beton bertulangan eksternal baja *lips channel*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Setiawan. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Semarang: Erlangga.
- Andang, Widjaja dan Nuroji. 2013. Perkuatan Eksternal Tunggal Lips Channel Pada Balok Beton. *Jurnal Teknik Sipil, (Online)*, Vol.1, No.1, (<http://www.atpw.files.wordpress.com>, diakses 14 Mei 2013).
- Anonim. 1991. *SKSNI*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Basuki. 2006. Rekayasa Tulangan Sengkang Vertikal Pada Balok Beton Bertulang. *Jurnal eco rekayasa, (Online)*, Vol.2, No.2, (<http://publikasiilmiah.ums.ac.id>, diakses 14 Mei 2013).
- Chu-kia, Wang dan Charles G Salmon, 1993. *Disain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Dwi, Anggono dan Firman Edy S. 2012. Pengujian Balok Beton Dengan Menggunakan Tulangan Eksternal (Baja Lips Channel). *Jurnal Teknik Sipil, (Online)*, Vol. 1, No. 1, (<http://www.ejournal-s1.undip.ac.id>, diakses 22 Mei 2013).
- Jack, C. McCormac. 2003. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Khairul, Miswar dan Trio Pahlawan. 2010. Perbaikan Dan Perkuatan Balok Beton Bertulang Dengan Cara Penambahan Profil Baja Kanal. *Jurnal Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, NAD*, (<http://www.jurnal.pnl.ac.id>, diakses 14 Mei 2013).
- Oscar, Fithrah Nur. 2009. Kajian Eksperimental Perilaku Balok Beton Tulangan Tunggal Berdasarkan Tipe Keruntuhan Balok. *Jurnal Rekayasa Sipil, (Online)*, Vol. 5, No. 2, (<http://www.sipil.ft.unand.ac.id>, diakses 14 Mei 2013).
- Rene, Amon, dkk. 2000. *Perencanaan Konstruksi Baja untuk Insinyur dan Arsitek 1*. Jakarta: Pradnya Paramitha.
- Rudi, Septiawan. 2013. Studi Penelitian Pengaruh Letak Sambungan Cor Beton Terhadap Uji Kuat Lentur pada Balok Beton Bertulang. *Skripsi* tidak diterbitkan. Surabaya: JTS FT UNESA.
- Tim penyusun 2006. Panduan Penulisan dan Penilaian skripsi. Surabaya : UNESA University press.